

Stand der Theorie der somatischen Marker im Kontext von Fahrerverhaltensmodellen

Tobias HEINE, Barbara DEML

*Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation,
Karlsruher Institut für Technologie, Kaiserstraße 12, D-76131 Karlsruhe*

Kurzfassung: Die überwiegende Mehrzahl der Verkehrsunfälle wird durch Fehlverhalten der Fahrer hervorgerufen. Das Verständnis menschlichen (Fehl-)Verhaltens ist somit ein wichtiges Element der Verkehrssicherheit. Seit wenigen Jahren wird versucht, die ursprünglich den Neurowissenschaften entstammende Theorie der somatischen Marker (Damasio 1994) auf den Bereich der Fahrerverhaltensmodelle zu übertragen. Der Artikel erläutert die Entstehung der Theorie sowie die zu ihrer empirischen Prüfung verwendete Iowa Gambling Task (IGT). Anschließend wird die aktuelle theoretische und empirische Verankerung der Theorie der somatischen Marker im Kontext der Fahrerverhaltensmodelle aufgezeigt. Zuletzt erfolgt ein Ausblick auf anstehende experimentelle Schritte.

Schlüsselwörter: Fahrerverhaltensmodelle, Somatische Marker, Iowa Gambling Task, Entscheidungsverhalten, Unbewusste Prozesse.

1. Verkehrssicherheit und Fahrerverhaltensmodelle

Obwohl die Zahl der Verkehrstoten seit Jahren kontinuierlich zurückgeht, kamen im Jahr 2013 in Deutschland noch immer 3.339 Menschen bei einem Verkehrsunfall ums Leben. Die Zahl von Verletzten liegt mehr als 100 Mal höher: 374.142 Personen wurden 2013 bei einem Verkehrsunfall verletzt, 64.057 davon schwer (Statistisches Bundesamt 2014). Die überwiegende Mehrzahl der Verkehrsunfälle wird durch Fehlverhalten der Fahrer hervorgerufen (Statistisches Bundesamt 2014). Das Verständnis menschlichen (Fehl-)Verhaltens ist somit ein wichtiges Element der Verkehrssicherheit. Die entsprechenden Theorien des Fahrerverhaltens werden auch Fahrerverhaltensmodelle genannt. Bislang ist es nicht gelungen, eine allgemeine Theorie des Fahrerverhaltens zu entwickeln. Die Herausforderung besteht heute also darin, mit einer Vielzahl nebeneinander existierender Modelle umzugehen.

Autofahren und das damit verbundene Risiko werden wesentlich durch Entscheidungen des Autofahrers beeinflusst. Diese umfassen u.a. die Frage, ob und wann ein Vorderfahrzeug überholt wird, wann und wie stark vor einer Kurve eine Bremsung eingeleitet oder zu welchem Zeitpunkt ein Abbiegemanöver gestartet wird. In den letzten Jahren konnte unter anderem durch die Arbeiten von Paul Slovic gezeigt werden, dass Emotionen einen bedeutenden Einfluss auf Entscheidungsfindungen nehmen (Slovic et al. 2002, 2004; Slovic & Peters 2006). Auch Antonio Damasio hat die Wichtigkeit von Emotionen im Entscheidungsfindungsprozess erkannt und diese zum zentralen Element seiner Theorie der somatischen Marker erhoben.

Der vorliegende Beitrag stellt zunächst die Grundlagen der Theorie der somatischen Marker vor. Anschließend wird die aktuelle theoretische und empirische Verankerung der Theorie der somatischen Marker im Kontext der Fahrerverhaltensmo-

delle aufgezeigt. Abschließend erfolgt ein Ausblick auf offene Fragen und anstehende experimentelle Schritte.

2. Die Theorie der somatischen Marker

Die Theorie der somatischen Marker zog erstmals im Jahr 1994 eine breite Aufmerksamkeit auf sich, als Damasio sein berühmtes Buch „Descartes’s Error“ veröffentlichte (Damasio 1994). Die Theorie stützt sich auf Einzelfallstudien neurologischer Patienten sowie auf experimentelle Untersuchungen des Entscheidungsverhaltens mit Hilfe der Iowa Gambling Task.

2.1 Einzelfallstudien neurologischer Patienten

Die am besten dokumentierten Fälle sind Phineas P. Gage und Elliot (auch Patient E.V.R. genannt). Beide Personen führten vor Eintritt der neurologischen Schädigung ein normales Leben. Aus unterschiedlichen Gründen erlitten beide Verletzungen im sogenannten präfrontalen Kortex, die massive Veränderungen der Persönlichkeit nach sich zogen. Die nach Darstellung von Damasio (1994) folgenschwerste Veränderung betraf das Entscheidungsverhalten. Beide Personen waren nach der Schädigung nicht mehr in der Lage, Entscheidungen zu treffen, die der eigenen Person nützlich oder zuträglich waren. Zudem schienen sie die Fähigkeit verloren zu haben, zukünftige Ereignisse zu antizipieren: „There was no evidence of concern about his future, no sign of forethought“ (Damasio 1994, S. 11). Um das veränderte Entscheidungsverhalten von Patienten mit vergleichbaren Hirnschädigungen experimentell untersuchen zu können, wurde die Iowa Gambling Task entwickelt (Bechara et al. 1994).

2.2 Die Iowa Gambling Task (IGT)

Die Iowa Gambling Task (IGT) besteht aus vier Kartenstapeln, die verdeckt vor der Versuchsperson liegen. Auf jeder Karte ist ein Geldbetrag aufgedruckt, dieser kann entweder positiv sein („Gewinn“) oder negativ („Verlust“). Aufgabe der Versuchsperson ist es, so viel Geld wie möglich zu gewinnen, d.h. möglichst viele „gute“ Karten aufzudecken und möglichst wenig Verlust zu machen. Die Karten der IGT sind dabei nicht zufällig verteilt, sondern es gibt zwei so genannte „gute Stapel“ und zwei „böse Stapel“. Bei den guten Stapeln sind die einzelnen Gewinnbeträge zwar geringer als bei den bösen Stapeln, allerdings gilt dies auch für die Verluste. Netto machen Spieler je 10 Karten bei den bösen Stapeln einen Verlust von 250 \$, bei den guten Stapeln hingegen einen Gewinn von 250 \$.

Der Anspruch der IGT besteht darin, einen möglichst realitätsnahen Entscheidungsprozess abzubilden. Die Autoren charakterisieren die IGT entsprechend als „a novel task which simulates real-life decision-making in the way it factors uncertainty of premises and outcomes, as well as reward and punishment“ (Bechara et al. 1994, S. 7).

Im Jahr 1997 wird in der Zeitschrift Science eine Studie veröffentlicht, in der parallel zur IGT die Hautleitfähigkeit der Probanden gemessen wurde (Bechara et al. 1997). Verglichen wurden Patienten mit Schädigungen im präfrontalen Kortex mit gesunden Vergleichsprobanden. Erfasst wurden die folgenden drei Variablen: (1) Die Anzahl der gewählten Karten von den guten oder bösen Stapeln, (2) das Auftre-

ten sogenannter antizipatorischer Hautleitfähigkeitsreaktionen vor der Aufnahme einer Karte (anticipatory skin conductance response, kurz SCR) und (3) die Einsicht der Probanden in die Mechanismen des Spiels. Gesunde Versuchspersonen begannen im Laufe des Versuchs, antizipatorische SCRs auszubilden, die mit einer Änderung des Entscheidungsverhaltens hin zu den guten Stapeln einherging. Besonders interessant ist, dass die SCRs und die parallele Änderung des Entscheidungsverhaltens bereits zu einem Zeitpunkt erfolgten, an dem die Probanden noch keine bewusste Einsicht in die Regeln des Spiels aufwiesen. Bei den Patienten hingegen konnten keine SCRs gemessen werden, sie zeigten allerdings auch bis zuletzt keine Änderung ihres Entscheidungsverhaltens hin zu den guten Stapeln (Bechara et al. 1997).

2.3 Somatische Marker

Laut Bechara et al. (1997) stellen die gemessenen SCRs aktivierte emotionale Vorerfahrungen mit ähnlichen Wahlsituationen dar. Da es sich hierbei um körperliche Signale handelt, die Entscheidungen vorbereiten bzw. „markieren“, spricht Damasio von *somatischen Markern* (soma (griech.): Körper) (Damasio 1994). Die Probanden mit Hirnschädigungen entwickelten keine somatischen Marker. Entsprechend wurde keine Vorerfahrung aktiviert, die den Entscheidungsprozess beeinflussen konnte. Das Fehlen somatischer Marker ist aus Sicht der Autoren ursächlich für das schlechte Entscheidungsverhalten der Patientengruppe (Bechara et al. 1997).

Wichtig ist darauf hinzuweisen, dass somatische Marker keine eigene, dem bewussten Geist möglicherweise zuwiderlaufende Dynamik aufweisen: „Somatic markers do not deliberate for us. They assist the deliberation by highlighting some options (either dangerous or favorable), and eliminating them rapidly from subsequent consideration“ (Damasio 1994, S. 174).

3. Somatische Marker und Fahrerverhalten

3.1 Theorie: Risk Monitor Model (RMM)

Das Risk Monitor Modell stellt die derzeit am weitesten ausgearbeitete Theorie dar, die versucht, das Konzept somatischer Marker auf das Fahrverhalten zu übertragen. Das Modell wurde im Rahmen eines Forschungsprogramms (Strategic Institute Program, SIP) in den Jahren 1998-2003 am Institute of Transport Economics (TOI) in Oslo entwickelt. Bis auf eine englische Zusammenfassung wurde das Modell zunächst nur in norwegischer Sprache veröffentlicht (Vaa 2004). Erst seit kurzer Zeit ist die Theorie auch in ausführlicherer Form in englischer Sprache verfügbar (Vaa 2007, 2013).

Die Theorie geht davon aus, dass das Hauptmotiv eines Menschen darin besteht, zu Überleben. Folglich werden das frühzeitige Erkennen von Gefahr und damit die Vermeidung von Risiken für Leib und Leben zur zentralsten Aufgabe. Diese Aufgabe wird entsprechend der Theorie nicht von einem einzelnen Organ übernommen, vielmehr fungiert der gesamte Körper als eine Art Risikodetektor (Vaa 2013).

Alle Reize aus der Umwelt (andere Verkehrsteilnehmer, das eigene Auto, die Straßenumgebung) landen zunächst im sensorischen Speicher (siehe Abbildung 1). Im nächsten Schritt aktivieren diese Informationen unterschiedliche emotionale Vorerfahrungen und führen somit zur Ausbildung somatischer Marker. Je nach Art und Stärke des jeweiligen somatischen Markers erfolgt die weitere Informationsver-

arbeitung bewusst oder unbewusst. Entscheidend für den Körper ist die Beibehaltung eines sogenannten target feelings (auch functional balance genannt): The drive to achieve a functional balance is regarded as a central, predominantly unconscious, knowledge, which the organism possesses about itself, and which the organism is actively seeking to maintain or to restore (Vaa 2013, S. 105).

Das RMM stellt eine theoretisch elaborierte und fundierte Übertragung des Konzepts der somatischen Marker auf das Fahrerverhalten dar. Ein entscheidender Schwachpunkt des RMM besteht jedoch darin, dass es bislang noch keine empirische Überprüfung der postulierten Wirkmechanismen erfahren hat.

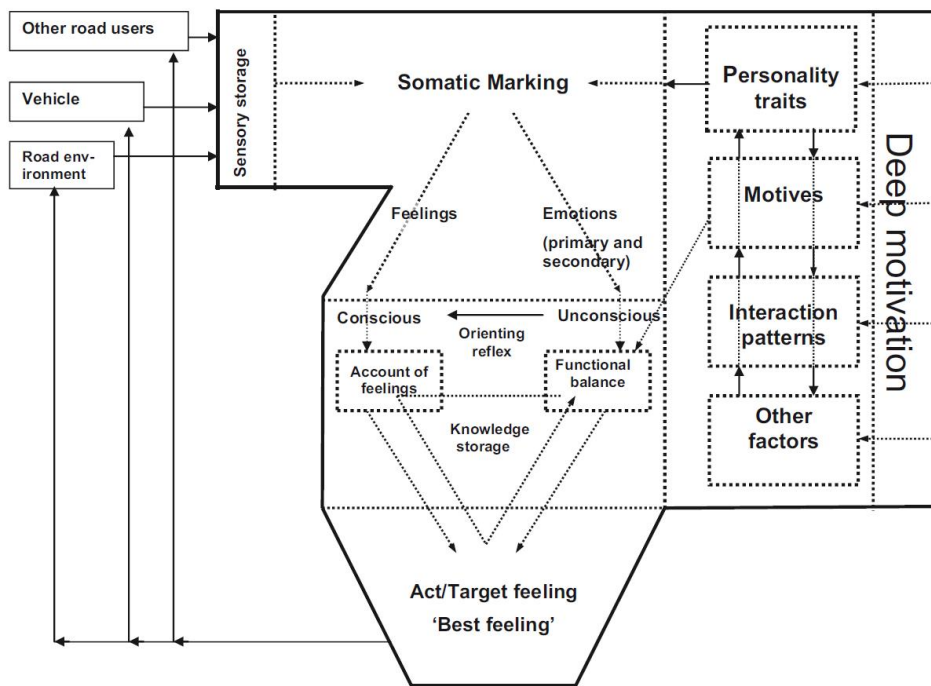


Abbildung 1: Risk Monitor Model (RMM) (Vaa 2013, S. 107).

3.2 Experimentelle Prüfung

Zwei Experimente, die bewusst die Rolle somatischer Marker im Fahrerverhalten überprüften, stammen von Neale Kinnear (Kinnear 2009; Kinnear et al. 2013).

In Experiment 1 sahen die Versuchspersonen (Fahranfänger und erfahrene Autofahrer) 15 Standbilder verschiedener Verkehrssituationen (Kinnear 2009). Je 5 Bilder zeigten eine sichere, eine potentiell gefährliche oder eine gefährliche Situation. Aufgabe der Versuchspersonen war es, die Gefährlichkeit der Situationen zu bewerten. Parallel wurden die Atmung und die Hautleitfähigkeit gemessen. Ein Blick auf die subjektiven Beurteilungen zeigte, dass die Werte zwischen allen drei Bedingungen signifikant anstiegen. Zudem schätzten Fahranfänger sichere Situationen signifikant weniger gefährlich ein als erfahrene Autofahrer. Kein Unterschied zwischen beiden Gruppen ergab sich bei den potentiell gefährlichen und den gefährlichen Situationen. Ein Blick auf die SCR-Werte zeigte, dass erfahrene Fahrer tendenziell mehr SCRs entwickelten als Fahranfänger. Dieser Unterschied wurde allerdings nur für die potentiell gefährlichen Situationen signifikant (Kinnear 2009). Laut der Theorie der somatischen Marker beruhen somatische Marker auf Vorerfahrungen und lenken den nachfolgenden Entscheidungsprozess. Dieser Effekt wäre besonders bei Situationen

hilfreich, die noch keine klare Gefahr erkennen lassen, jedoch ein potentielles Risiko in sich bergen. Den Daten nach zu urteilen wird bei Fahranfängern mit entsprechend weniger Vorerfahrungen in derartigen Situationen signifikant weniger oft ein somatischer Marker gemessen.

Im zweiten Experiment betrachteten die Versuchspersonen (Fahrschüler, Fahranfänger, erfahrene Fahrer) Videos mit riskanten Verkehrssituationen. Nach jedem Video sollten die Probanden bewerten, wie gefährlich sie die jeweiligen Situationen empfanden. Parallel wurde auch hier die Hautleitfähigkeit gemessen. Bei der Auswertung wurde entsprechend dem Schema in Abbildung 2 eine Unterscheidung in antizipatorische und eventbezogene SCRs vorgenommen.

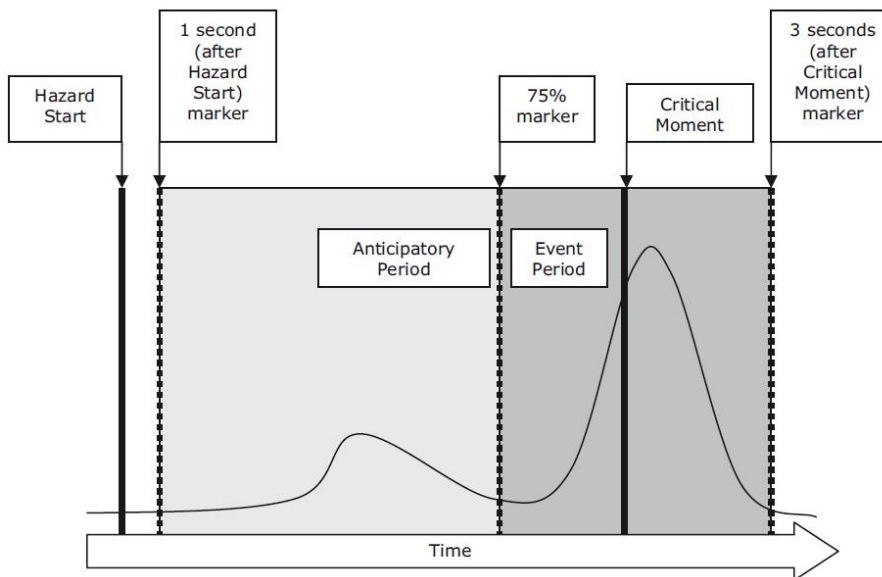


Abbildung 2: Unterscheidung zwischen antizipatorischen und eventbezogenen SCRs (Kinnear et al. 2013, S. 1029).

Die Ergebnisse zeigten, dass erfahrene Autofahrer signifikant höhere antizipatorische und eventbezogene SCRs produzierten als Fahrschüler und Fahranfänger. In einer anschließenden Analyse wurde die Gruppe der Fahranfänger nochmal aufgeteilt in diejenigen, die weniger als 1000 Meilen in den letzten zwölf Monaten gefahren sind und denen, die mehr als 1000 Meilen in den letzten zwölf Monaten gefahren sind. Die Ergebnisse dieses Vergleichs zeigten, dass sich die antizipatorischen SCRs von Fahranfängern mit weniger als 1000 gefahrenen Meilen nicht signifikant von den SCRs der Fahrschüler unterschieden. Im Gegenzug unterschieden sich die SCRs von Fahranfängern mit mehr als 1000 gefahrenen Meilen nicht signifikant von denen der erfahrenen Autofahrer. Anders ausgedrückt scheint die Wahrscheinlichkeit, einen antizipatorischen SCR zu entwickeln von der zurückgelegten Strecke, d.h. der Erfahrung der Probanden abzuhängen. Je mehr Erfahrungen eine Person besitzt, desto wahrscheinlicher ist es, dass neue Situationen an bereits erlebte Situationen „andocken“, d.h. somatische Marker hervorrufen. Auch dieser Befund lässt sich somit gut mit der Theorie somatischer Marker vereinbaren.

4. Fazit und Ausblick

Die vorgestellten Arbeiten haben eine erste Anwendbarkeit der Theorie der somatischen Marker auf den Bereich der Fahrerhaltensmodelle aufgezeigt. Das Risk Monitor Modell ist eine vielversprechende Theorie, die bislang allerdings noch keine empirische Prüfung erfahren hat. Die Experimente von Kinnear prüften explizit den Einfluss somatischer Marker auf das Fahrverhalten, allerdings nur anhand von Standbildern oder gefilmten Verkehrssituationen. Der nächste wichtige Schritt wäre, Entscheidungsverhalten von selbst fahrenden Probanden zu untersuchen. Hierfür bieten sich zunächst Experimente im Fahrsimulator an, bei denen Verkehrssituationen standardisiert und wiederholbar dargeboten werden können.

5. Literatur

- Bechara A, Damasio AR, Damasio H, Anderson SW (1994) Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*(1-3):7–15.
- Bechara A, Damasio H, Tranel D, Damasio AR (1997) Deciding Advantageously Before Knowing the Advantageous Strategy. *Science* 275(5304):1293–1295.
- Damasio AR (1994) *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. Putnam, New York
- Kinnear N (2009) *Driving as you feel: A psychological investigation of the novice driver problem*. Dissertation, Edinburgh Napier University.
- Kinnear N, Kelly SW, Stradling S, Thomson J (2013) Understanding how drivers learn to anticipate risk on the road: A laboratory experiment of affective anticipation of road hazards. *Accident Analysis & Prevention* 50:1025–1033.
- Slovic P, Finucane M, Peters E, MacGregor DG (2002) The affect heuristic. In: Gilovich T, Griffin D, Kahneman D (Hrsg) *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment*. Cambridge University Press, New York, S 397–420.
- Slovic P, Finucane M, Peters E, MacGregor DG (2004) Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk, and Rationality. *Risk Analysis* 24(2):311–322.
- Slovic P, Peters E (2006) Risk Perception and Affect. *Current Directions in Psychological Science* 15(6):322–325.
- Statistisches Bundesamt (2014) *Verkehrsunfälle 2013*. Fachserie 8 Reihe 7.
- Vaa T (2004) *Survival or deviance? A model for driver behaviour: (English summary of Norwegian report)*. TOI report, 666/2003, Oslo.
- Vaa T (2007) *Modelling Driver Behaviour on Basis of Emotions and Feelings: Intelligent Transport Systems and Behavioural Adaptations*. In: Cacciabue PC (Hrsg) *Modelling driver behaviour in automotive environments: Critical issues in driver interactions with intelligent transport systems*. Springer, London, S 208–232.
- Vaa T (2013) *Proposing a Risk Monitor Model Based on Emotions and Feelings: Exploring the Boundaries of Perception and Learning*. In: Regan MA, Lee JD, Victor TW (Hrsg) *Driver distraction and inattention: Advances in research and countermeasures, Volume 1. Human factors in road and rail transport*. Ashgate, Burlington, VT, S 103–119.